



# CAPÍTULO 13

## PROTEÍNA Bt SER OU NÃO SER A MELHOR OPÇÃO CONTRA A LAGARTA-DA-ESPIGA DO MILHO NAS LAVOURAS

DOI 10.47402/ed.ep.c2023198913907

Ana Laura D. Braganholo  
Ana Carla R. Lisboa  
Glenda R. Ribeiro  
Jackeline T. Rodrigues  
Luana Karyne S. Anselmo  
Alysson Soares da Rocha  
Antônio Carlos Silveira Gonçalves  
Otavio Cabral Neto

### RESUMO

A utilização da proteína Bt tem sido um refúgio pela grande maioria dos produtores pelos arredores do mundo para combater a lagarta-da-espiga do milho (*Helicoverpa Zea*), que vem sendo uma grande preocupação para se lidar no campo, principalmente infestações larvais onde o procedimento feito com a utilização de inseticidas é de difícil acesso para atingir às larvas, pois elas se encontram mais escondidas nos orifícios das espigas assim a prática não se torna tão eficiente, gerando prejuízo econômico aos produtores e o problema continua. Em áreas com plantas Bt a manifestação de larvas é relativamente menor em relação às áreas com plantas não Bt, devido a praticidade e eficiência da proteína no milho, para manter essa eficiência é necessário áreas de refúgio em parcelas menores sem a utilização da proteína para proteção da lavoura e evitar uma certa evolução de resistência das larvas contra proteína Bt, seguindo os padrões aos níveis de danos sem comprometer a lavoura mantendo um comportamento de movimento larval equilibrado. Dessa forma analisando as práticas defensivas contra a lagarta-da-espiga do milho nas lavouras em relação ao uso da proteína Bt e uso de inseticidas tradicionais, a proteína é a opção mais viável economicamente e eficiente obtendo resultados com uma garantia menor de perda nos grãos. Porém ainda é necessário que haja mais estudos adicionais para determinar até que ponto a redução das populações larvais nas áreas de refúgio em misturas de sementes influencia o desenvolvimento de resistência da praga ao milho Bt.

**Palavras-chaves:** *Helicoverpa zeae*, inseticidas, larvas, proteína Bt e *Zea mays*.

### ABSTRACT

The use of Bt protein has been a refuge for the vast majority of producers around the world to combat the corn earworm (*Helicoverpa Zea*), which has been a major concern to deal with in the field, mainly larval infestations where the The procedure carried out using insecticides is difficult to reach the larvae, as they are more hidden in the holes of the ears, so the practice is not as efficient, causing economic losses to the producers and the problem continues. In areas with Bt plants, the manifestation of larvae is relatively smaller in relation to areas with non-Bt plants, due to the practicality and efficiency of the protein in corn. of the crop and avoid a certain evolution of resistance of the larvae against Bt protein, following the patterns of damage levels without compromising the crop, maintaining a balanced larval movement behavior. Thus, analyzing the defensive practices against the corn earworm in crops in relation to the use of Bt protein and the use



of traditional insecticides, the protein is the most economically viable and efficient option, obtaining results with a smaller guarantee of loss in the grains. . However, further studies are still needed to determine to what extent the reduction of larval populations in refuge areas in seed mixtures influences the development of pest resistance to Bt maize.

**Key words:** *Helicoverpa zea*, insecticides, larvae, Bt protein and *Zea mays*.

## 1. INTRODUÇÃO

No ano de 2021 o Brasil alcançou o ranking de 3º lugar como o maior produtor de milho do mundo (BRFERTIL, 2022), um marco pro agronegócio brasileiro. Na produção do milho a Lagarta-da-espiga do milho torna-se um impasse em diferentes características como redução de fertilidade, diminuição do peso e podridão dos grãos, que acarreta o rendimento dos produtores gerando prejuízo. Ressalta que seu ciclo de e de 40 a 45 dias, só no período larval varia entre 13 e 25 dias, um período que pode gerar grandes prejuízos.

Dada como um desafio aos produtores rurais para combater essa praga em suas lavouras, em meio a tantas dificuldades e poucos meios de tratamento a principal alternativa é a utilização da proteína *Bacillus Thuringiensis* (Bt) na semente do milho, sendo a forma mais eficiente, prática e econômica para o tratamento pois a proteína atinge diretamente na lagarta durante o consumo após a sua propagação nas lavouras. Observando o objetivo principal, no qual seja manter o aumento de produtividade com menores números de prejuízos possíveis, analisando a situação percebe uma diminuição na eficácia da proteína devido a evolução de resistência desses insetos responsáveis pela propagação da lagarta-da-espiga do milho (*Helicoverpa zea*), visando isso necessita de pesquisas para um melhoramento dessa proteína.

Dessa forma, o presente trabalho possui a finalidade, por meio de análises bibliográficas, realizar um panorama sobre como a proteína *Bacillus Thuringiensis* (Bt) pode ser a melhor opção no combate a lagarta-da-espiga do milho.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento dos artigos publicados em periódicos científicos e sites renomados da área de Agronomia e Agronegócio, sobre a utilização da proteína *Bacillus thuringiensis* (Bt) como método de combater a lagarta-da-espiga do milho (*Helicoverpa zea*). Como estratégia de busca foram utilizadas as palavras chaves (*Helicoverpa zea*, larvas, inseticidas, proteína Bt e



milho) como norteadoras e a busca foi realizada on-line. Após o levantamento, foram encontrados 111 documentos relacionados, que posteriormente adotou-se o critério de selecionar os documentos mais atuais (2018-2022), restando 22 documentos relacionados mais atuais, realizando uma filtragem a aqueles que mais atendiam os interesses do assunto no artigo no qual 11 que foram usados neste artigo de revisão sendo apenas 2 anteriores a 2018.

### **3. REVISÃO**

#### **3.1 lagarta da espiga-do-milho (*Helicoverpa Zea*)**

A lagarta-da-espiga é uma praga que pertence à família Noctuidae, amplamente distribuída pelas Américas. A praga está presente nas regiões com maior potencial de produção de milho, como os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Os ovos dessa espécie são, geralmente, depositados de forma individual, podendo chegar a 15 por espiga. São esféricos, de coloração branca e amarela, com saliências laterais, passando para marrom próximo à eclosão, medindo 1 mm de diâmetro. Cada fêmea ovíparita 1000 ovos ao longo da vida. À medida que crescem, as lagartas penetram no interior da espiga e destroem os grãos em formação. O período larval varia entre 13 e 25 dias, dependendo da temperatura e do hospedeiro no qual a lagarta se desenvolve. No fim deste período, as lagartas saem da espiga e vão para o solo, passando para a fase da pupa, onde permanecem por 10 a 15 dias. O ataque da praga causa redução da fertilidade e do peso dos grãos, e falhas em toda a espiga. Ao alimentar-se dos grãos, deixa orifícios que facilitam a penetração de microrganismos, podendo causar podridão. (CORTEVA, 2020).



(Imagem 1)



(Imagem 2)

Imagem (1) e (2) respectivamente o período larval e adulto da *Helicoverpa zea*

Fonte: Embrapa, 2020.

A lagarta da espiga do milho, *Helicoverpa zea*, é uma das pragas de maior importância econômica para a agricultura mundial. No Brasil, constatou-se que as infestações de *H. zea* são de até 96,3%, causando danos de até 8,4%, com 2,1% em consequência de grãos comidos, 2,0% de grãos podres e 4,3% de falhas. (KOPPERT, 2022). A evolução da resistência de insetos a essas proteínas Bt é uma grande ameaça para a eficácia contínua da tecnologia Bt. No Brasil nas safras 2012/2013, causou elevados prejuízos em diferentes culturas, fato que desencadeou a necessidade de se estudar a distribuição temporal de *H. zea* e *H. armigera*, considerando sua incidência em agrossistemas (RIOS, 2021).

A resistência de um inseto a um inseticida ou proteína Bt é uma característica genética identificada quando o inseto tolera doses que são letais para a maior parte dos indivíduos que formam a população da praga (BOAS PRÁTICAS, 2022). Com a utilização dessas proteínas no decorrer dos anos os insetos acabam criando uma certa resistência a proteína, perdendo sua eficácia no combate dessa praga, acarretando a busca de novos métodos que sejam eficientes.



(Figura 3)



(Figura 4)



(Figura 5)



(Figura 6)

Figura 3, 4 e 5 representa a resistência e a evolução dos insetos sobre a proteína.

Figura 6 relata os primeiros locais que desenvolveu resistência a tecnologia Bt.

Fonte: Boas Práticas, 2022.

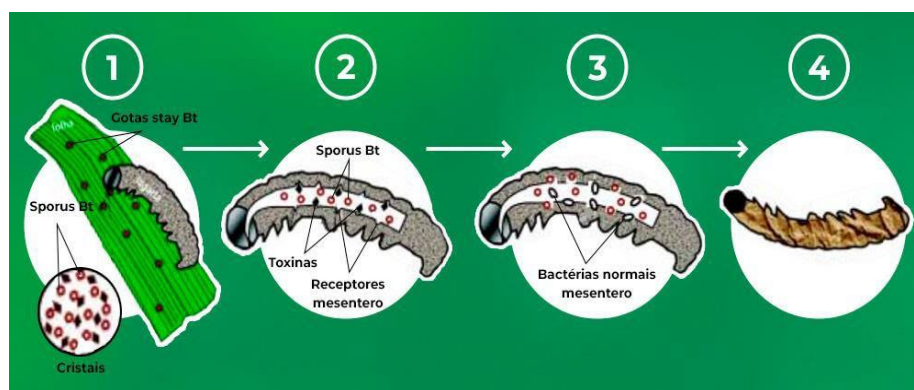




### 3.2 Controle químico

O manejo de *H. zea* é realizado com inseticidas. Porém, tem-se notado baixa eficiência desses produtos, além das questões ambientais envolvidas, gerando problemas na saúde para o homem e animais (DAMASCENA et al., 2021). A utilização de químicos para o controle da praga deve conter moléculas de Carbamato, e sua aplicação deve ser focalizada nas espigas (NEUHAUS et al., 2019). À exceção dos clorados, praticamente todos os grupos químicos têm representantes registrados para uso na cultura de milho, isto é, fosforados, carbamatos, clorofosforados, piretróides e, mais recentemente, os produtos fisiológicos. Os insucessos no controle da praga, no Brasil, podem ser atribuídos aos métodos inadequados de aplicação e/ou à aplicação tardia; quando os danos já foram causados (EMBRAPA, 1995). Para um controle mais adequado e que seja eficiente, o essencial seria aplicação de forma direta, ou seja, diretamente na espiga onde a lagarta se encontra, de forma manual o que acaba dificultando a praticidade no controle dessa praga, uma das abordagens utilizadas mais favoráveis e utilizadas nos últimos anos foi a proteína *Bacillus Thuringiensis* (Bt). Desde a sua introdução no mercado, a tecnologia *Bt* passou a ser rapidamente empregada no campo, tornando-se uma das alternativas mais importantes para o manejo integrado de pragas (BOAS PRÁTICAS, 2021).

Os cristais de *Bacillus thuringiensis* (Bt), também conhecidos como proteínas Cry, são formados principalmente por proteínas na forma de cristais, as  $\delta$ -endotoxinas. As proteínas Cry são consideradas as principais constituintes dos cristais que caracterizam *Bacillus thuringiensis*, sendo codificadas por genes que geralmente se localizam em plasmídios e, com menor frequência, no cromossomo bacteriano (POLETTI, 2020).



(Imagem 7)

Imagem 7: Ação da proteína Bt sobre a lagarta.

Fonte: Poletti, 2020.



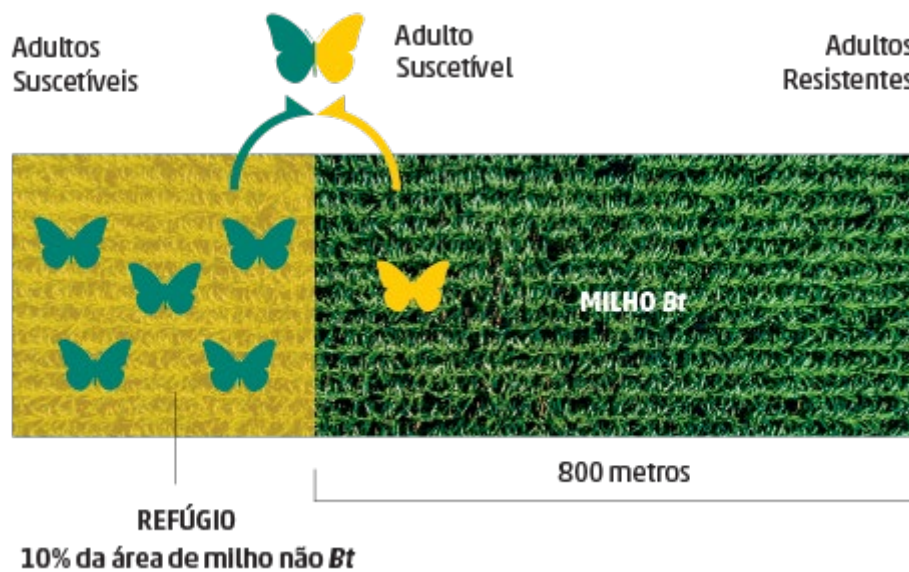
(Imagem 8)

Imagem 8: Representa sobre a necessidade de áreas de refúgio.

Fonte: Boas práticas, 2021.

Embora o uso generalizado de inseticidas químicos tenha levado ao desenvolvimento de resistência a muitos deles, milho doce geneticamente modificado e plantas de algodão que expressam *Bacillus thuringiensis* As toxinas (Bt) tiveram um sucesso considerável no controle dessa praga (WANG et al., 2018). No entanto para que se possa evitar o mesmo acontecimento ocorrido em relação aos inseticidas na proteína, é necessário estratégias alternativas para evitar uma possível resistência dessa tecnologia.

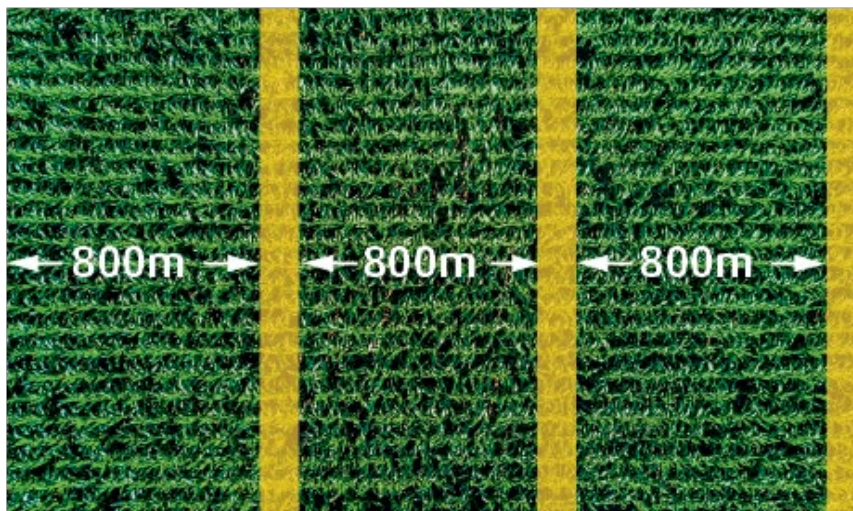
Em áreas que utilizam a proteína Bt como o método de combate à lagarta-da-espiga do milho nas lavouras de milho, para manter a eficácia e o controle de resistência é necessário áreas de refúgio, ou seja, uma pequena parcela onde não se realiza a utilização da proteína, para que os benefícios sejam aproveitados por um maior período, essa área serve como abrigo para os insetos para prevenir a evolução da resistência das pragas.



(Imagem 9)

Imagem 9: Representação de como e colocado em prática áreas de refúgio em milho não Bt.

Fonte: Mais soja, 2020.



(Imagem 10)

Imagem 10: Representação visual de milho Bt e não Bt em lavoura.

Fonte: Mais soja, 2020.

### 3.3 Milho

No Brasil, o cultivo do milho vem desde antes da chegada dos europeus. (SINDMILHO, 2022). Um grão muito utilizado pela civilização desde o início dos tempos até os dias atuais que vem crescendo cada vez mais pelos arredores do mundo.





No total, 190,4 milhões de hectares de culturas GM foram cultivadas em 29 países em 2019, de milho foram 60,9 milhões de hectares. (LIU et al., 2021) onde o milho está entre as quatro principais culturas mais largamente plantadas. Os plantios de milho safra iniciam no mês de setembro prolongando até o mês de dezembro em algumas situações. Já os plantios milho safrinha e segunda safra ocorrem entre janeiro e março na grande maioria dos casos, seguidos pelos plantios de milho terceira safra que ocorrem entre os meses de abril e junho. (SEMENTES BIOMATRIX, 2020). O milho sendo um dos destaques de maior produção no Brasil, pode ser matéria-prima para silagem, além de ser comercializado como milho-verde ou grãos. A *Helicoverpa Zea* prejudica a produção atacando os estilo-estigmas quando ainda no 1º e 2º estádios larvais, impedindo a fertilização e ocasionando falhas de granação nas espigas. As lagartas mais desenvolvidas alimentam-se dos grãos leitosos, destruindo-os e facilitando a penetração de microrganismos e pragas de grãos armazenados nas espigas através dos orifícios deixados ocasionando na podridão dos grãos nas espigas (NAIS, 2012).

### 3.4 Milho Bt

No Brasil, os prejuízos anuais causados pelo complexo de pragas que ocorrem na cultura do milho chegam a cerca de 2 bilhões de reais. Nesse sentido, a lagarta do cartucho, *Spodoptera Frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e a lagarta da espiga, *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) representam os principais insetos-praga do milho (SIMIONATO et al., 2020). Desde que as culturas geneticamente modificadas (GM) foram comercializadas pela primeira vez em 1996, o cultivo mundial de culturas GM tem aumentado consistentemente em mais de 10% a cada ano. (LIU et al., 2021). As proteínas Bt fornecem à planta uma defesa integrada contra os ataques de lagartas e outras pragas do algodão, milho, soja e cana-de-açúcar. A implementação de estratégias eficazes de gerenciamento de resistência a insetos (IRM) é essencial para retardar o desenvolvimento de resistência a insetos e sustentar a eficácia da tecnologia Bt. (YANG et al., 2021). Em pouco mais de 10 anos de uso da tecnologia Bt no milho, essa praga já apresenta resistência para duas das cinco proteínas disponíveis no mercado, e vem mostrando falhas de controle para outras duas proteínas em várias regiões do País. Assim, apenas uma das proteínas Bt disponíveis nas tecnologias comerciais ainda não apresentou indícios de quebra. Outra dificuldade do manejo da lagarta no milho está no hábito dela de ficar escondida dentro do cartucho da planta, o que torna seu controle com inseticidas químicos convencionais um desafio extra (EMBRAPA, 2019).

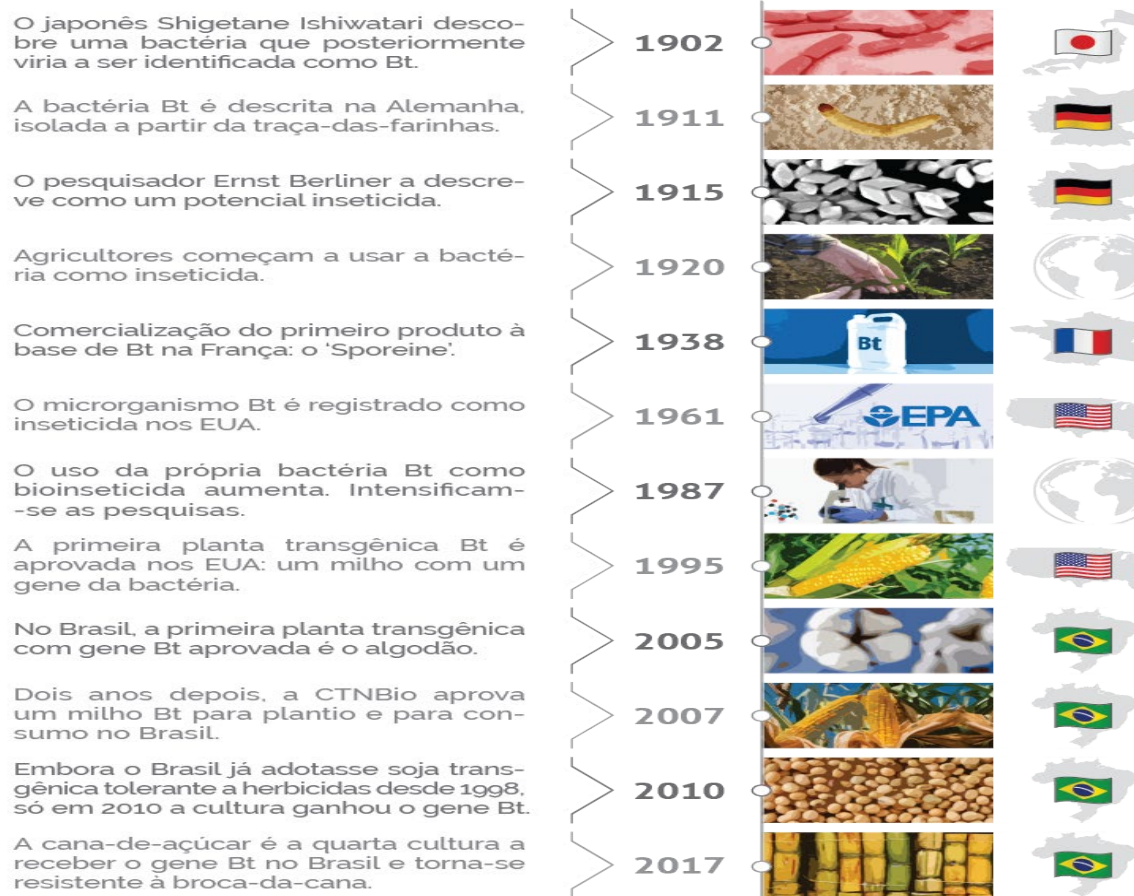


As larvas que ingerem a proteína logo param de se alimentar e morrem, normalmente em 48 horas. As proteínas inseticidas produzidas pelo milho Bt para controle de insetos são consideradas seguras para o consumo. Devido à sua especificidade e seu modo de ação, têm efeito somente sobre os insetos-alvo. A cultura Bt tem suas vantagens, como a redução do uso de pesticidas químicos, o que ajuda na parte econômica para os agricultores e sendo menos prejudicial ao meio ambiente. Para que atuem, há a necessidade da ingestão dessas proteínas por organismos que possuam fluido gástrico alcalino. Esse é o caso de muitos insetos. (BOAS PRÁTICAS, 2022).

O milho Bt é uma variedade de grão com tecnologia que possui características de resistência a insetos com intuito de minimizar os danos nas lavouras causadas por pragas. (BOAS PRÁTICAS, 2022). Os benefícios resultantes da adoção de culturas Bt incluem a supressão de pragas de insetos, redução da aplicação de inseticidas químicos e preservação de inimigos naturais. (YANG et al., 2021). Nos últimos anos a variedade do milho Bt não está mais apresentando 100% de eficiência, justamente pela resistência criada pelos insetos nas lavouras gerando baixa eficiência da proteína. *H. zea* variou de parcialmente recessiva a completamente dominante dependendo da concentração de proteína (YANG et al., 2021). Onde o nível de resistência das larvas na proteína pode ser reduzido através da engenharia genética dos cloroplastos em plantas. A origem de muitos dos problemas e desafios tecnológicos defrontados pelos sistemas produtivos de milho decorre da falta de adesão a princípios fundamentais de boas práticas agrícolas (EMBRAPA, 2019).

Vários estudos mostraram que culturas transgênicas contendo o gene Vip3A são eficazes no controle de *H. zea* e *S. frugiperda* resistentes a Cry (DIMASE et al., 2020), ou seja, um novo gene modificado criado para controlar as pragas resistentes. Portanto preservar sua suscetibilidade é essencial para manter a eficácia da tecnologia de cultura Bt.

## A história do Bt



(Imagem 11)

Imagem 11: Representando a história do Bt.

Fonte: Boas práticas, 2022.

## 4. CONCLUSÃO

Por fim, pode concluir-se que a tecnologia Bt é a principal e melhor alternativa de combate à *Helicoverpa Zea*, por motivos como o método convencional não ser o mais eficiente, pela proteína não ser prejudicial no consumo humano. Porém a resistência do inseto foi evoluindo no decorrer dos anos com a utilização da proteína, vale ressaltar que deve ser realizado mais pesquisas e testes para aumentar a eficiência da proteína ou um novo método de combate que traga os mesmos resultados ou melhores, para melhorar a produtividade e o rendimento nas safras de milho como sugestão alternativa uma fusão de outros produtos tanto químicos como orgânicos.



## 5. REFERÊNCIAS

- BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS. **Resistência de insetos às tecnologias Bt:** precisamos trabalhar contra esse cenário. 28 jan 2022. Disponível em: <https://boaspraticasagronicas.com.br/noticias/resistencia-de-insetos-as-tecnologias-bt-no-campo/>. Acesso em: 03 out. 2022.
- BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS. **Milho Bt.** 2022. Disponível em: <https://boaspraticasagronicas.com.br/culturas-bt/milho-bt/>. Acesso em: 03 out. 2022
- BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS. **Benefícios da tecnologia Bt.** 23 nov 2021. Disponível em: <https://boaspraticasagronicas.com.br/noticias/beneficios-da-tecnologia-bt/>. Acesso em: 03 out. 2022.
- CORTEVA AGRISCIENCE. **Insetos-praga no Brasil:** Lagarta-da-espiga. Brasil, 06 jun 2020. Disponível em: <https://www.corteva.com.br/boas-praticas-agricolas/publication/lagarta-da-espiga.html>. Acesso em: 31 out. 2022.
- DAMASCENA, A. P.; OLIVEIRA, D. V.; PRATISSOLI, F. S. M.; TAMASHIRO, L. A. G.; & PRATISSOLI, D. (2021). **Comportamento de quatro espécies Trichogramma em ovos de Helicoverpa zea.** p. 2, 30 set, 2021.
- DIMASE, M.; OYEDIRAN, I.; BROWN, S.; WALKER, W.; GUO, J.; YU. W.; ZHANG, Y.; CHEN, J.; WEN, Z.; & HUANG, F. (2020). **Movimento larval e sobrevivência de Helicoverpa zea (Boddie) em misturas de sementes de milho não Bt e Bt contendo a característica Agrisure Viptera:** Implicações para o manejo da resistência. *Proteção de Cultivos*, v. 138, p. 1, dezembro de 2020.
- EMBRAPA. **Multimídia:** banco de dados. set e out de 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/5309001/adulto-de-helicoverpa-zea>. Acesso em: 10 out. 2022.
- EMBRAPA. **Milho – Caracterização e desafios tecnológicos.** p. 26 e 33, fev. 2019.
- EMBRAPA. **A Lagarta-do-cartucho na cultura do milho.** Circular Técnica, Sete Lagoas-MG, n. 21, p. 14, nov. 1995.
- KOPPERT. **Lagarta-da-espiga do milho.** Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.koppert.com.br/desafios/control-de-pragas/lagartas/helicoverpa-zea/>. Acesso em: 10 out. 2022.
- LIU, J.; LIANG, Y. S.; HU, T.; ZENG, H.; GAO, R.; WANG, L.; & XIAO, Y.H. (2021). **Destino ambiental das proteínas Bt no solo:** Transporte, adsorção/dessorção e degradação. *Ecotoxicologia e Segurança Ambiental*, v. 226, p. 1, 15 dez. 2021.
- MAIS SOJA. (2020). **Plantas com tecnologia Bt.** 21 de abril de 2020. Disponível em: <https://maissoja.com.br/plantas-com-tecnologia-bt/>. Acesso em: 10 out. 2022.
- NEUHAUS, E. A.; FINKEN, E. S.; WEBERS, E. R.; RENZ, L. V.; & VASCONCELOS, M. C. (2019). **Manejo da praga Helicoverpa Zea (H. Zea) na cultura do milho (Zea Mays).** 12 jun. 2019.





NAIS, J. **Infestação de Spodoptera frugiperda Helicoverpa zea (Lepidoptera: noctuidae) em híbridos comerciais de milho (Zea mays L.)**. Jaboticabal-SP, p. 1, fev. 2012.

POLETTI, M. **Entendendo os bioprodutos (parte 02)**. São Paulo, 29 jun 2020. Disponível em: <https://promip.agr.br/entendendo-os-bioprodutos-parte-02/>. Acesso em: 06 nov. 2022.

RIOS, D. A. M.. **Helicoverpa armigera e Helicoverpa zea (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil: distribuição temporal e hibridização**. 2021. 93 f., il. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) — Universidade de Brasília, Planaltina, 2021.

SINDMILHO. **Milho e suas riquezas: História**. São Paulo/SP, 2022. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/sindmilho/sobre-o-sindmilho/curiosidades/milho-e-suas-riquezas-historia/#:~:text=No%20Brasil%2C%20o%20cultivo%20do,aos%20h%C3%A1bitos%20alimentares%20dos%20brasileiros>. Acesso em: 04 nov. 2022.

SEMENTES BIOMATRIX. **Plantio de milho safrinha: conceitos, época de semeadura e ciclo**. 11 mar 2021. Disponível em: <https://sementesbiomatrix.com.br/blog/safrinha/plantio-de-milho-safrinha/#:~:text=Os%20plantios%20de%20milho%20safra,meses%20de%20abril%20e%20junho>. Acesso em: 03 out 2022.

SIMIONATO, R. S.; NUNES, J.; NEPOMOCENO, T. A. R.; & MOCARDINI, V. F. (2020). **Controle de Spodoptera Frugiperda e Helicoverpa zea a partir de diferentes tecnologias de milho Bts**. Revista Cultivando o Saber, v. 13, n. 2, p. 2, abril a junho de 2020.

WANG, J.; GU, L.; & KNIPPLE, D. C. (2018). **Avaliação de alguns potenciais genes-alvos e métodos para controle de pragas mediado por RNAi da lagarta da espiga do milho Helicoverpa zea**. Bioquímica e Fisiologia de Pesticidas, v. 149, p. 1, julho de 2018.

YANG, F.; SANTIAGO GONZÁLEZ, J. C.; HEAD, G. P.; PRICE, P. A.; & KERNS, D. L. (2021). **Resistência múltipla e não recessiva às proteínas Bt em uma população de Helicoverpa zea resistente a Cry2Ab2**. Proteção de cultivos, v. 145, p. 1, jul. 2021.